ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
GIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2019;5:133-148

УДК 622.837:622.2.016 DOI: 10.25018/0236-1493-2019-05-0-133-148

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ НА СОСТОЯНИЕ ШТРЕКОВ, ПОДДЕРЖИВАЕМЫХ В ЦЕЛИКАХ В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ «ИМ. В.Д. ЯЛЕВСКОГО»

К.А. Филимонов[1], А.А. Ренёв[1], А.В. Кучеренко[2], П.В. Гречишкин[3]

[1] Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Кемерово, Россия, e-mail: fka.rmpi@kuzstu.ru
[2] Шахта имени В.Д. Ялевского АО «СУЭК-Кузбасс», с. Котино, Россия
[3] Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела — межотраслевой научный центр «ВНИМИ», Кемеровский филиал, Кемерово, Россия

Аннотация: Рассмотрена отработка пласта 52 шахты «им. В.Д. Ялевского». Рассматриваемый случай поддержания выработок характерен для ряда технологических задач. В отличие от стандартных ситуаций штреки в целике не погашаются после отработки лавы, а используются далее более 5 лет. Приведен комплексный метод исследования, включающий в себя оценку фактического состояния штреков и моделирование напряженно-деформированного состояния массива. Исследование фактического состояния произведено для разных геомеханических ситуаций, что позволяет оценить динамику процесса изменения состояния штрека. Установлено, что отработка выемочного столба оказала влияние на состояние штреков, несмотря на значительную ширину вмещающих их целиков. При этом дренажный штрек находился в удовлетворительном состоянии, а конвейерный штрек подвергся значительным деформациям на множестве участков. Системных проблем с кровлей штреков не выявлено. Зафиксировано, что бока штреков подвержены деформациям, особенно конвейерного штрека. В большей степени разрушается бок, противоположный отрабатываемому выемочному столбу. Сделано предположение, что целики частично потеряли несущую способность. Отмечено, что требуется дальнейшее исследование этого вопроса с учетом направления выемки, скорости подвигания очистного забоя и наличия в целиках участков, не воспринимающих опорного давления.

Ключевые слова: целик, лава, смещение пород, кровля, устойчивость, поддержание штрека, обследование выработок, влияние очистных работ.

Для цитирования: *Филимонов К.А., Ренёв А.А., Кучеренко А.В., Гречишкин П.В.* Исследование влияния очистных работ на состояние штреков, поддерживаемых в целиках в условиях шахты «Им. В.Д. Ялевского» // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 5. – С. 133–148. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-05-0-133-148.

Influence of longwalling on reinforced roadways in pillars in Yalevsky Mine

K.A. Filimonov[1], A.A. Renev[1], A.V. Kucherenko[2], P.V. Grechishkin[3]

[1] T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russia, e-mail: fka.rmpi@kuzstu.ru
[2] V.D. Yalevskogo Mine, Kotino, Kemerovskaya oblast, Russia
[3] Research Institute of Mining Geomechanics and Surveying — Multisectoral Research Center «VNIMI», Kemerovo, Russia

© К.А. Филимонов, А.А. Ренёв, А.В. Кучеренко, П.В. Гречишкин. 2019.

Abstract: Inspection of roadways with rock bolting in a pillar in thick flat coal seam 52 under mining in Yalevsky Mine is described. It is demonstrated that the variant of roadway support under discussion is typical of some engineering problems. This is not a standard variant as such roadways are operated for more than 5 years after completion of longwalling rather than are abandoned. The integrated research included assessment of actual condition of roadways and modeling of rock mass stress state. The actual condition was investigated in terms of various geomechanical situations, which provided time history of state of the roadways. It is found that longwalling affects the quality of roadways despite large width of pillars accommodating them. The drainage roadway is in satisfactory condition while the conveyor roadway has many considerable deformations. No systemic damages in the roof are revealed. It is found that sidewalls experience deformations, especially in the conveyor roadway. The sidewalls are worse deformed on the opposite side of the operating longwall. It is supposed that pillars have partly lost the load-bearing capacity. It is emphasized that the research should be continued with regard to direction of longwalling, advance speed of face and presence of areas immune to abutment pressure in the pillars.

Key words: pillar, longwall, rock movement, roof, stability, roadway support, roadway inspection, longwalling influence.

For citation: Filimonov K. A., Renev A. A., Kucherenko A. V., Grechishkin P. V. Influence of longwalling on reinforced roadways in pillars in Yalevsky Mine. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2019;5:133-148. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-05-0-133-148.

Введение

Вопросы поддержания подготовительных выработок, в частности штреков, в зоне влияния очистных работ довольно хорошо изучены и представлены в нормативной и научно-технической литературе [1—3 и др.]. Исследования в данной области в большей степени относятся к сохранению штреков для повторного использования и к их подержанию в эксплуатационном состоянии при охране целиками на период отработки одного выемочного столба. Такие исследования ранее выполнялись для штреков, закрепленных рамными крепями, а в последние годы — и для анкерной крепи. Ситуация, рассматриваемая в данной работе, отличается от ранее исследованных случаев с сохранением выемочных штреков. Объекты исследования не являются штреками, оконтуривающими выемочные столбы. Они не погашаются по мере отработки выемочного столба и не сохраняются путем установки крепи усиления для повторного использования при отработке следующего столба. Особенностями является необходимость поддержания штреков в целике, с обеих сторон которого находится выработанное пространство (рис. 1), а также значительно больший период эксплуатации (более 5 лет), чем при отработке одного конкретного выемочного столба.

Штреки, проведенные внутри целика, оставляемого между выемочными столбами, используются в качестве водо- и (или) газодренажных выработок. Из таких штреков осуществляется бурение дегазационных скважин для дегазации выработанного пространства выше и ниже отрабатываемых выемочных столбов. В случае высокой обводненности шахтного поля штреки могут выполнять функцию аккумулирования воды расположенного выше выработанного пространства. Также возможно использование таких штреков в качестве конвейерных для выше и ниже отрабатываемых выемочных столбов при перегрузке отбитого угля с оконтуривающего штрека через ближайшую от лавы сбойку. В условиях подготовки выемочных столбов большой протяженности это может принести значительный экономический эффект от

снижения затрат на перемонтаж конвейерной линии. На шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» существует производственная необходимость в сохранении для дальнейшего использования таких штреков. На первый взгляд, значительная ширина целиков, внутри которых поддерживаются штреки, должна обеспечивать их поддержание в эксплуатационном состоянии при минимальных смещениях пласта и вмещающих пород в контур штреков. Однако некоторые участки этих выработок подверглись значительным деформациям и смещениям, что затруднило их дальнейшую эксплуатацию. Объектами исследования, представленного в данной работе, были дренажный штрек и конвейерный штрек 5210 шахты «им. В.Д. Ялевского».

Особенностями условий поддержания штреков является значительная глубина залегания (H до 420 м) и мощность пласта (m до 5,7 м), а также ширина выработанного пространства (длина лавы) a_i до 300 м. Согласно общепризнанным взглядам [4] эти факторы способствуют формированию значительных напряжений в области опорного давления. Еще одной особенностью является высокая скорость отработки выемочных столбов ($V_л$ до 440 м/мес). С одной стороны, влияние скорости подвигания очистного забоя на проявления горного давления давно зафиксировано шахтными наблюдениями и обосновано научными исследованиями [5—7 и др.]. С другой стороны, упомянутые выше наблюдения и исследования выполнены при значительно меньших скоростях подвигания, а классические модели формирования опорного давления вообще не учитывают динамику процесса. Таким образом, исследование вопросов поддержания штрека внутри целика в описанных выше условиях является актуальным.

Научной составляющей такого исследования является изучение фактического состояния штреков и моделирование напряженно-деформированного состояния целиков и углепородного массива вблизи штреков. Следует установить степень влияния очистных работ на состояние целиков и, соответственно, — штреков, охраняемых этими целиками. Необходимо понять, оказывает ли отработка выемочных столбов влияние на состояние штреков или существующие целики в полной мере выполняют охранную функцию, а деформации штреков происходят по другим причинам. С целью анализа динамики изменения состояния штреков исследования были выполнены для разных геомеханических ситуаций, представленных далее.

Для дренажного штрека (рис. 1):

- штрек с пикета (ПК) 0 до ПК 95 находится в целике шириной до 96 м, время после отработки нижнего выемочного столба 52—13 составило от 2 месяцев (ПК 87) до 2 дней (ПК 0);
- штрек находится в целике шириной до 96 м, время после отработки выемочного столба 52—13 составило от 7 месяцев (ПК 87) до 5 месяцев (ПК 0).

Для конвейерного штрека 5210 (рис. 2):

- штрек находится в массиве (выше, через целик, выработанное пространство лавы 5209, рис. 2, *а*);
- штрек находится в массиве (по истечении 5 месяцев, рис. 2, *б*);
- штрек находится в целике шириной до 72 м (рис. 2, *б*), время после отработки нижнего выемочного столба 52—13 составило от 3 месяцев до 2 дней (ПК 354).

Отработка выемочных столбов 52—12 и 52—13 осуществлялась с юго-востока на северо-запад, а столба 5209 в противоположном направлении.

Практическим выходом исследования является разработка конкретных рекомендаций по поддержанию штреков в эксплуатационном состоянии в данных условиях.

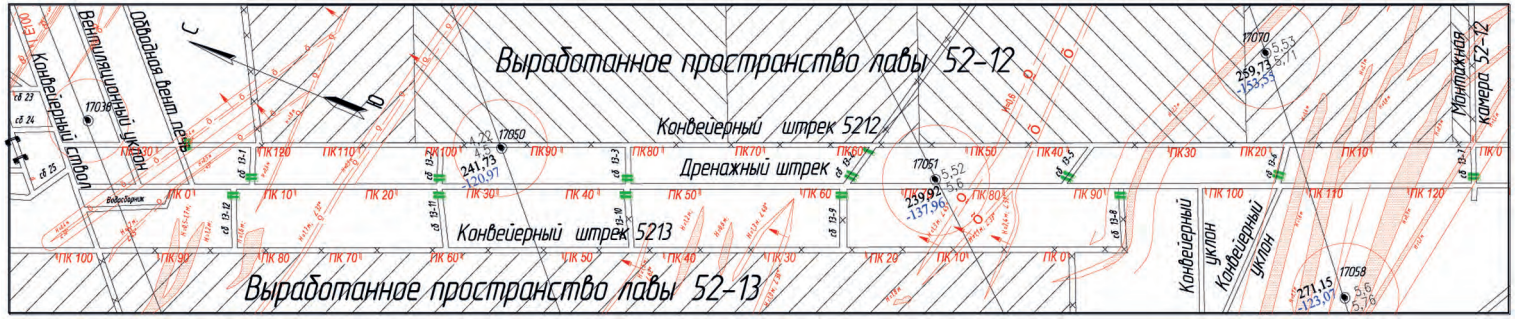
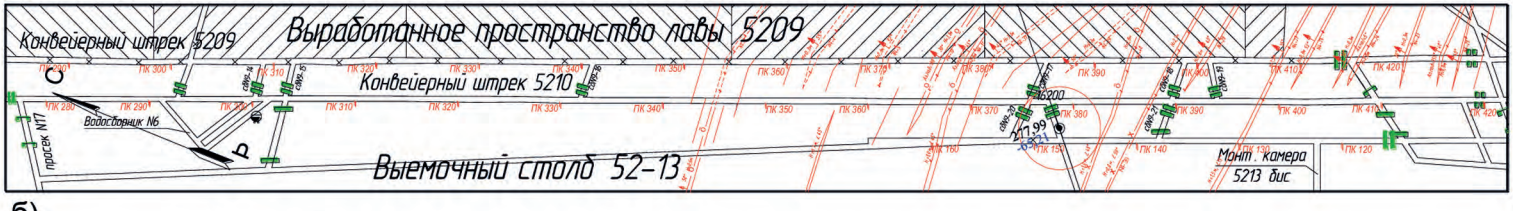


Рис. 1. Выкопировки из плана горных работ по пласту 52 (дренажный штрек поддерживается в целике)

Fig. 1. The extract from seam 52 mining plan layout (drainage roadway maintained in a pillar)

а)



б)

Рис. 2. Выкопировки из плана горных работ по пласту 52 (конвейерный штрек 5210): штрек находится в массиве (а); штрек на участке ПК 410÷ПК 354 находится в целике (отработан выемочный столб 5209 и частично выемочный столб 52—13), а на участке ПК 354÷ПК 278 находится в массиве (отработан выемочный столб 5209) (б)

Fig. 2. The extract from seam 52 mining plan layout (conveyor roadway 5210): the roadway is in a coal massive (a); the roadway in 410÷354 distance markers (DM) interval is in a pillar (the upper longwall 5209 is fully extracted and the lower longwall 52—13 is partially extracted), and in DM 354÷DM 278 interval is in a coal massive (longwall 5209 is extracted) (b)

Рис. 3. Структура метода исследований
Fig. 3. The structure of research method

Метод исследования

Для исследования причин деформаций штреков и разработки рекомендаций по их поддержанию в эксплуатационном состоянии разработан комплексный метод, структура которого представлена на рис. 3. Его главными элементами являются оценка фактического состояния штреков, моделирование напряженно-деформированного состояния целиков и углепородного массива вблизи штреков и разработка конкретных рекомендаций.

Основой данного метода являются натурные шахтные наблюдения — оценка фактического состояния штреков в период отработки соседних выемочных столбов. Моделирование напряженно-деформированного состояния обеспечивает бóльшую адекватность при анализе полученных натурных данных, формулировании выводов и рекомендаций.

Георадиолокационное исследование позволяет выявлять потенциально опасные участки в приконтурном массиве, которые пока не видны при визуальном обследовании. Радарограммы также являются уточняющим источником информации при составлении исходных данных для моделирования в п. 6 структуры (рис. 3). В настоящее время методика успешно опробована [8—10] и активно используется на шахтах Кузбасса.

Визуальное обследование выработок проводилось по методике учитывающей требования инструкции [11]. Она предполагает инструментальную оценку деформации выработок и элементов анкерной крепи путем измерений геометрии выработки, размеров вывалов пород из кровли, отжимов угля в боках, деформаций подхватов, решетчатой затяжки и сетки. При анализе состояния штреков

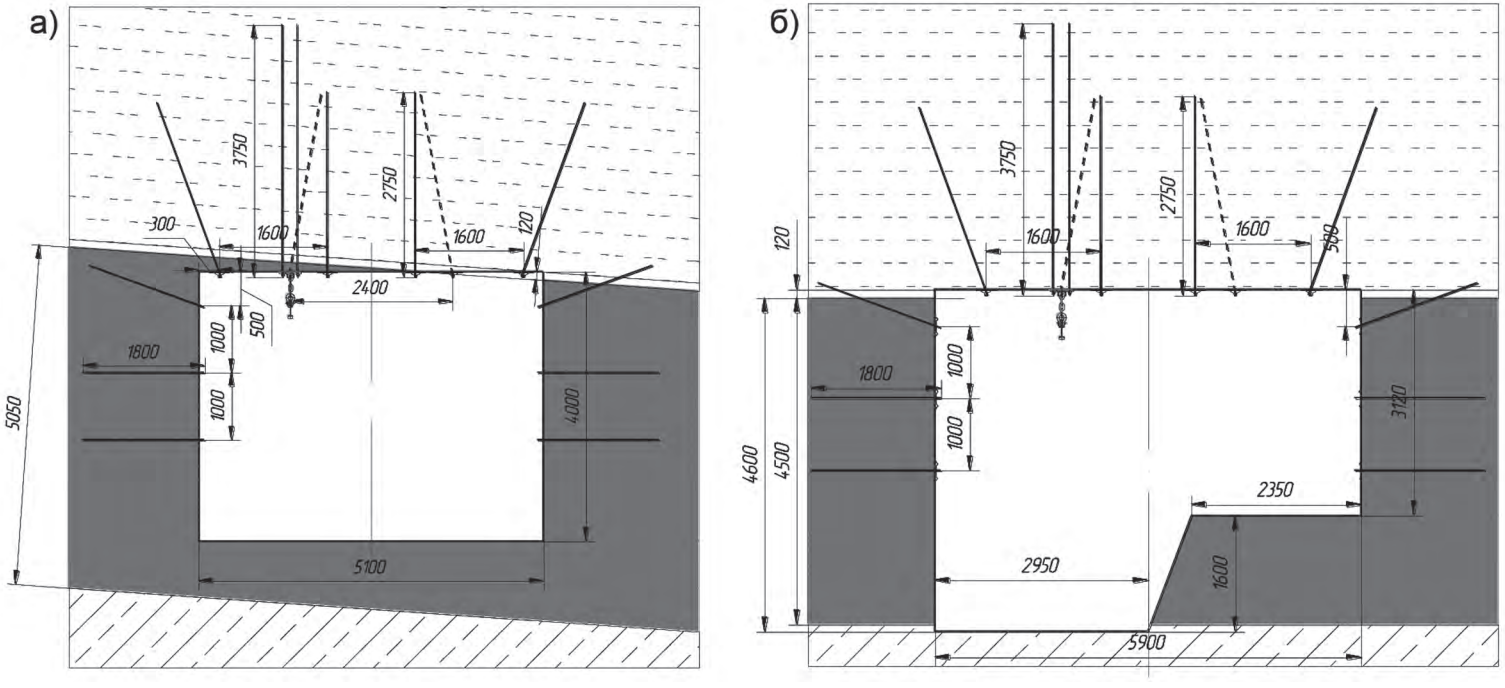


Рис. 4. Поперечное сечение дренажного штрека: проектное (а); фактическое с ПК 24 по ПК 92 (размеры приняты по ПК 33) (б)
Fig. 4. The drainage roadway cross section: designed (a) (a); actual in DM 24÷DM 92 interval (dimensions are taken on DM 33) (b)

выделялись участки с геомеханическими проблемами (расслоения и смещения пород в контур штреков в т.ч. с повреждением крепи) и проблемами эксплуатационного характера (демонтаж или повреждение крепи при бурении дегазационных скважин, обустройстве вентиляционных сооружений и т.д.).

При определении несущей способности анкерной крепи проводится испытание остаточной прочности закрепления анкеров в шпурах с замером величины смещения анкера в шпуре (или фиксируется отсутствие смещения).

Инструментальная оценка коррозионного износа в шахтных условиях включает в себя замеры диаметра анкерного стержня, высоты и диаметра гайки, толщины подхвата, диаметра прутка решетчатой затяжки. Критерием опасных коррозионных изменений принималось значение 85% от номинального размера. Представленные методики оценки фактического состояния ранее успешно применялись для обследования горных выработок [10, 12].

Моделирование напряженно-деформированного состояния целиков угля выполнялось с использование классических положений геомеханики [4], а углепородного массива вблизи штреков — методом конечных элементов, который широко используется для решения горных задач [13—16].

Результаты обследования фактического состояния штреков

Дренажный штрек (рис. 4, *а*) обследован на всем протяжении. Длина штрека 1400 м.

Кровля штрека закреплена анкерами А20В диаметром 20 мм, длиной 2750 мм с шагом установки рядов 1000 мм. Проектное крепление боков предусматривает 3 стеклопластиковых анкера S60—23 в ряду длиной 1800 мм с расстоянием между рядами и между анкерами в ряду 1000 мм. В оба бока штрека, также как и конвейерного штрека 52110, пробурены скважины для дегазации выработанного пространства диаметром 250 мм с шагом 25 м.

При первом обследовании дренажного штрека были выявлены проблемные участки суммарной протяженность 45,4 м или 3,2% от общей протяженности штрека (рис. 5, *а*). Проблемы по нижнему боку и кровле имели единичный, локальный характер. Наиболее проблемным элементом являлся верхний бок выработки. Однако суммарная протяженность 13-ти проблемных участков по верхнему боку была незначительная (40,1 м) и большинство их являются локальными, с протяженностью не более 4 м. Это говорит об отсутствии системных проблем с состоянием верхнего бока и его крепи в дренажном штреке. В целом, бока, кровля дренажного штрека и его

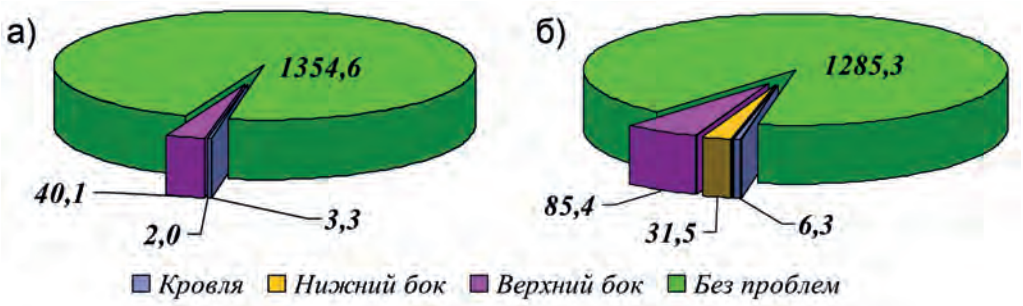


Рис. 5. Протяженность (в метрах) проблемных участков дренажного штрека: на момент первого обследования (а); на момент второго обследования (б)

Fig. 5. Length (in meters) of problem areas of drainage roadway: first inspection (a); second inspection (b)

крепь на момент первого осмотра были в нормальном состоянии, допускающем его дальнейшую эксплуатацию.

При втором обследовании дренажного штрека были выявлены проблемные участки суммарной протяженностью 114,7 м или 8,2% от общей протяженности штрека (рис. 5, *б*). Проблемы в кровле по-прежнему были единичными, локальными. Основное увеличение длины проблемных участков произошло по верхнему борту.

Анализ проблемных участков показывает, что из 25 участков с вывалами и отслоениями в боках 13 находятся вблизи сопряжений с горными выработками и разрывных геологических нарушений, пересекающих трассу дренажного штрека.

Состояние кровли, боков дренажного штрека и его крепи по истечении 5 месяцев ухудшилось незначительно. Меньше всего опасных зон зафиксировано на участке дренажного штрека, вдоль которого не производилась отработка выемочного столба 52—13.

В большинстве случаев вывал в боках произошел в верхней части, с заходом в кровлю. Типичный случай показан на рис. 6.

При проектном значении ширины штрека в проходке 5100 мм фактические значения в свету составляют от 4700 до 5900 мм. На участке ПК 24÷ПК 92 со стороны лавы 52—13 произведена поддирка почвы штрека. Пример поперечного сечения с канавой показан на рис. 4, *б*. Если не учитывать глубину канвы, то высота выработки на 15 пикетах из 18 была бы меньше проектной.

На 7 из 18 пикетов зафиксирована площадь меньше проектного значения 19,9 м^2. Без учета канавы площадь была бы меньше на 13 пикетах из 18, а минимальное значение составило бы 14,0 м^2.

Результаты испытания анкеров дренажного штрека на несущую способность показали удовлетворительное состояние крепи в кровле и боках. Смещение ни при одном испытании зафиксировано не было. При всех нагружениях анкера показали достаточную прочность закрепления и несущую способность.

Участков опасных по коррозии элементов анкерного крепления не было выявлено. При всех проведенных замерах остаточный размер элементов анкерной крепи составлял более 85% от номинального значения.

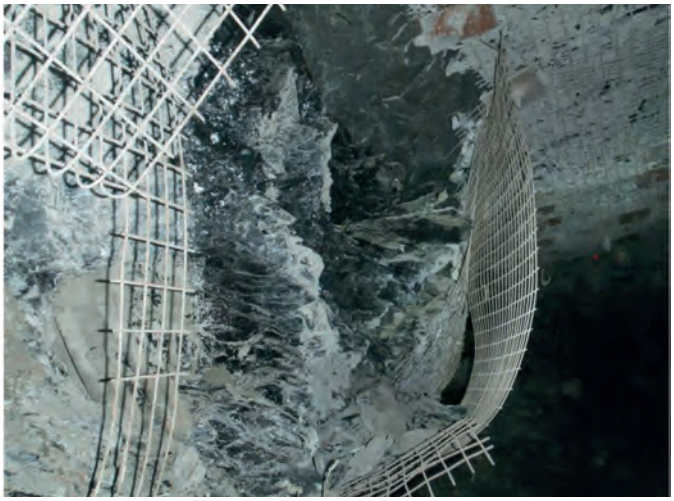


Рис. 6. Пример проблемного участка верхнего бока дренажного штрека
Fig. 6. The example of the problem zone of the drainage roadway upper sidewall

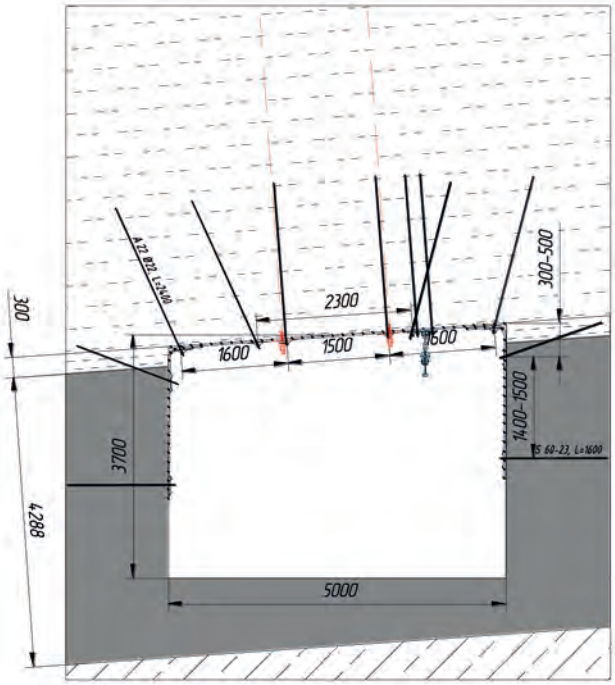


Рис. 7. Проектное сечение конвейерного штрека 5210
Fig. 7. The conveyor roadway 5210 designed cross section

Конвейерный штрек 5210 (рис. 7) обследован на всем протяжении, свободном для прохода. Кровля штрека закреплена анкерами А22 диаметром 22 мм, длиной 2400 мм с шагом установки рядов 900 мм. На некоторых участках дополнительно установлены канатные анкеры АК-01 длиной 5 м. Проектное крепление боков предусматривает 2 стеклопластиковых анкера S60—23 в ряду длиной 1600 мм с расстоянием между рядами 900 мм.

При первом обследовании конвейерного штрека 5210 были выявлены проблемные участки суммарной протяженностью 299,5 м или 20,8% от общей протяженности штрека, доступной для обследования (рис. 8).

Проблемным элементом штрека на этот период являлся нижний бок — противоположный относительно выработанного пространства лавы 5209. По этой поверхности выработки зафиксировано 35 проблемных участков общей протяженностью 270,5 м. Большая часть из них имела проблемы геомеханического характера (вывалы или расслоения). Проблемы кровли и верхнего бока имели локальный характер. Наиболее проблемным являлся участок, вдоль которого была наибольшая скорость отработки выемочного столба 5209. Скорость отработки вдоль него была выше на 29%,

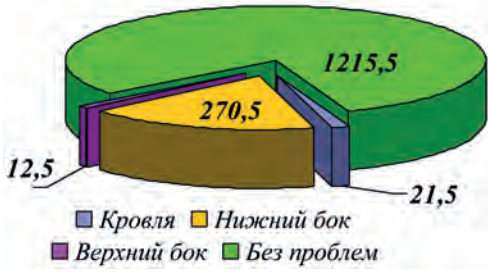
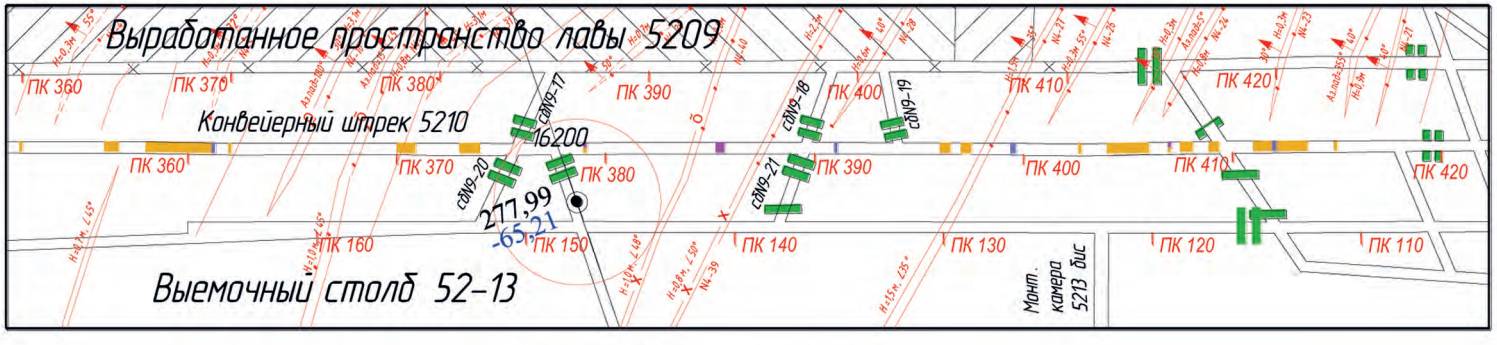


Рис. 8. Протяженность (в метрах) проблемных участков конвейерного штрека 5210 на момент первого обследования
Fig. 8. Length (in meters) of problem areas of conveyor roadway 5210 during the first inspection

а)



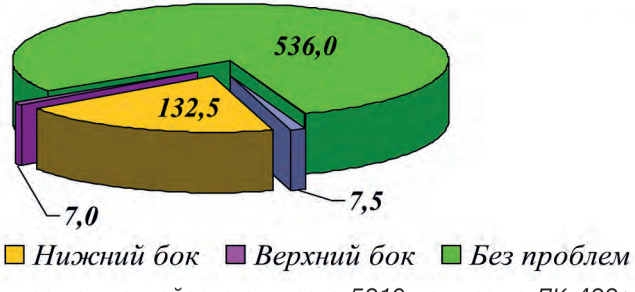


Рис. 9. Протяженность (в метрах) проблемных участков конвейерного штрека 5210 на участке ПК 422÷ПК 354: при первом обследовании (до прохода лавы) (а)

Fig. 9. Length (in meters) of problem areas of conveyor roadway 5210 in DM 422÷DM 354 interval: the first inspection (before longwall advancing) (a)

б)

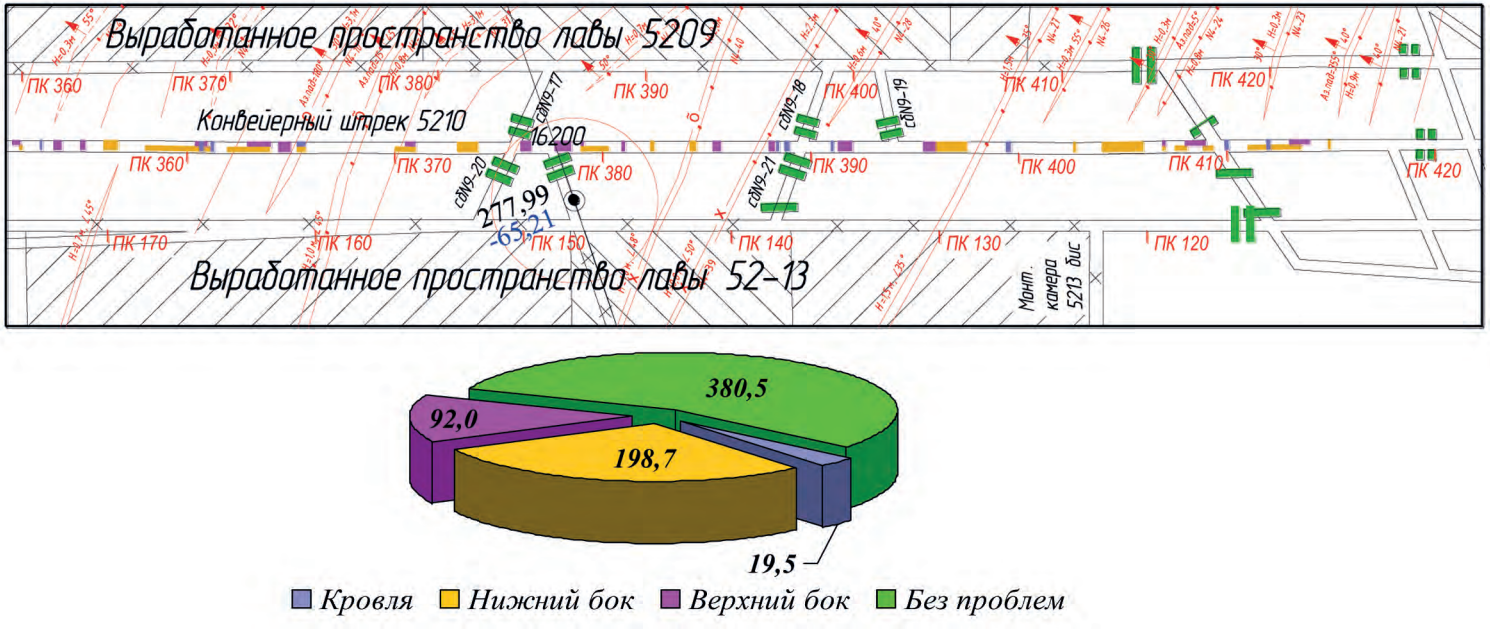


Рис. 9. Протяженность (в метрах) проблемных участков конвейерного штрека 5210 на участке ПК 422÷ПК 354: при втором обследовании (после отработки лавы 52—13 вдоль этого участка) (б)

Fig. 9. Length (in meters) of problem areas of conveyor roadway 5210 in DM 422÷DM 354 interval: the second inspection (after longwall 52—13 advancing along this interval) (b)

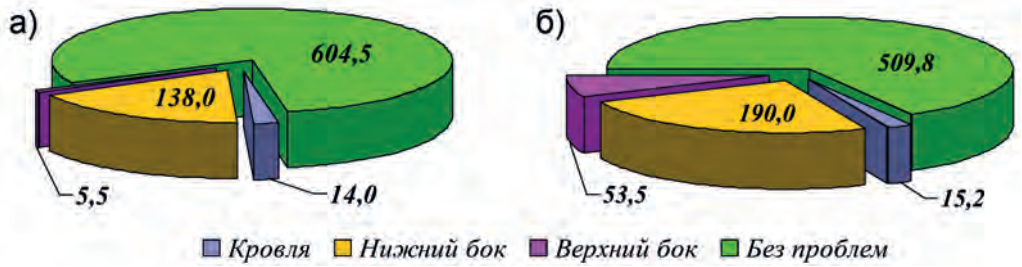


Рис. 10. Протяженность (в метрах) проблемных участков конвейерного штрека 5210 на участке ПК 354÷ПК 278: при первом обследовании (а); при втором обследовании (через 5 месяцев) (б)

Fig. 10. Length (in meters) of problem areas of conveyor roadway 5210 in DM 354÷DM 278 interval: the first inspection (a); the second inspection (in 5 months) (b)

а протяженность проблемных участков больше на 34%. При этом, в отличие от участков с меньшей скоростью отработки, на нем отсутствуют геологические нарушения.

При втором обследовании конвейерного штрека 5210 были выявлены еще более 40 проблемных участков. Суммарная протяженность проблемных участков стала 551,2 м или 38,3% от общей протяженности обследованной части штрека.

На момент второго обследования выемочный столб 52—13 был уже отработан вдоль части конвейерного штрека 5210 (от ПК 422 до ПК 354, 680 м). Поэтому при дальнейшем анализе состояния выработки логично сравнить изменения, произошедшие до ПК 354 и после него, где столб 52—13 не был отработан. Это позволит оценить влияние отработки столба 52—13 на состояние штрека, либо установить отсутствие этого влияния.

Сводные данные по участку ПК 422÷÷ПК 354 представлены на рис. 9.

Анализ этих данных показывает следующее. Состояние кровли и верхнего бока до прохода лавы было хорошее. Состояние нижнего бока было неудовлетворительное (рис. 9, *а*). Такая ситуация характерна для всей обследованной части штрека в целом.

После прохода лавы 52—13 ситуация на участке ПК 422÷ПК 354 значительно изменилась. Протяженность проблемных участков выросла более чем в 2 раза, со 144 м до 299,5 м, что стало составлять 44% от общей протяженности этого участка штрека. Самой проблемной поверхностью остался нижний бок. Однако наибольшее увеличение произошло по верхнему боку, противоположному лаве 52—13 (рис. 9, *б*). Проблемы в кровле по-прежнему остались единичными — добавилось только 5 участков общей протяженностью 12 м.

Сводные данные по участку ПК 354÷÷ПК 278 представлены на рис. 10. Состояния этого участка после первого обследования соответствовала состоянию участка ПК 422÷ПК 354 на тот момент.

При втором обследовании зафиксировано следующее. Совмещенная протяженность проблемных участков увеличилась на 94,7 м или 60,9%, из них участков с вывалами и расслоением на 95,2 м или на 61,2%. Состояние кровли и элементов крепления кровли штрека практически не изменилось и осталось хорошим.

Самой проблемной поверхностью остался нижний бок. Протяженность проблемных участков увеличилась на 52 м (все с геомеханическими проблемами). По верхнему боку прирост составил 48 м, причем 46 из них с геомеханическими проблемами. Бóльшая протяженность (30,5 м из 46) добавилась локально на участке ПК 333÷ПК 338. Ранее здесь был один проблемный участок протяженностью 2,5 м, теперь стало три протяженно-

стью 33 м. Два участка (6,5 м) появились на сопряжениях со сбойками в районе водосборника № 6. Один участок (4 м) фактически находился на уровне лавы 52—13, т.е., вероятно, попал в зону влияния лавы. Таким образом, за исключением одного локального участка ПК 333÷ПК 338, системных проблем с верхним боком в линейной части конвейерного штрека 5210 на участке ПК 354÷ПК 278 по истечении 5 месяцев не зафиксировано.

При замерах геометрии выработки было установлено следующее. На всех 14 пикетах высота штрека оказалась меньше проектного значения 3750 мм. Минимальное значение составило 1,9 м. Ширина штрека при 13 замерах оказалась больше проектного значения 5000 мм, а на одном соответствовала ему.

На 7 пикетах из 14 зафиксирована площадь поперечного сечения в свету меньше проектного значения 18,2 м^2. Минимальные значения составили 9,3 м^2 или 51,1% от проектного значения и 12,7 м^2 или 69,8%. На остальных 12 участках площадь составляла от 85,1 до 135,1% от проектного значения.

Результаты испытания анкеров конвейерного штрека 5210 на несущую способность, также как в дренажном штреке, показали удовлетворительное состояние крепи в кровле и боках. Участков, опасных по коррозии элементов анкерного крепления тоже не было выявлено.

Интерпретация полученных результатов

По результатам оценки фактического состояния дренажного штрека и элементов его крепи были сделаны следующие выводы и предположения.

1. Отработка выемочных столбов 52—12 и 52—13 не оказала существенного влияния на дренажный штрек. Тот факт, что меньше всего опасных зон зафиксировано на участке дренажного штрека, вдоль которого не производилась отработка выемочного столба 52—13, говорит, что остальная часть штрека испытывала влияние лавы 52—13, но незначительное.

2. При повторном обследовании установлено, что аварийные участки с проблемами геомеханического характера добавились в большей степени по верхнему боку, противоположному относительно выработанного пространства выемочного столба 52—13 и в основном вблизи сопряжений и разрывных геологических нарушений.

3. Поскольку состояние штрека после отработки выше- и нижележащего выемочного столба ухудшилось незначительно, можно предположить, что межлавный целик, вмещающий дренажный штрек, в целом сохранил свою несущую способность. Однако, после отработки выемочных столбов, смещения вмещающих пород вблизи штрека все же происходили. Об этом говорит уменьшение высоты штрека на всем протяжении.

4. Можно предположить, что вмещающие породы и целик, вмещающий штрек, находятся в состоянии геомеханического равновесия, и в ближайшей перспективе существенных изменений в состоянии штрека не ожидается.

По конвейерному штреку 5210 были сделаны следующие выводы и предположения.

1. Отработка выемочных столбов 5209 и 52—13 в бóльшей степени оказала влияние на состояние боков штрека, противоположных относительно выработанного пространства выемочного столба.

2. Вероятно, скорость отработки в данных условиях оказывает влияние на состояние целика и охраняемого им штрека.

3. Отработка выемочного столба 52—13 оказывает влияние на состояние конвейерного штрека 5210. Участок, вдоль которого столб 52—13 был отработан, имеет большее значение протяженности проблемных участков при меньшей дли-

не, а также больший процент прироста протяженности участков с геомеханическими проблемами (92% против 61,6) по сравнению с участком, вдоль которого столб 52—13 еще не отрабатывался.

4. Поскольку состояние штрека после отработки выше- и нижележащего выемочного столба значительно ухудшилось, можно предположить, что межлавный целик, в котором находится конвейерный штрек 5210, частично потерял свою несущую способность в результате перераспределения напряжений в массиве при отработке выемочного столба 5209, и процесс продолжается при отработке столба 52—13. Отсутствие системных проблем с кровлей штрека может говорить о том, что смещение пород происходит большими по площади блоками, имеющими мощность более глубины анкерования кровли.

5. Крепление штреков вблизи сопряжений должно отличаться от крепления линейной части. На 11 сопряжениях штрека с другими выработками (или вблизи них) из 12, находящихся в обследованной части, присутствуют проблемы геомеханического характера. В большинстве случаев это проблемы в боках.

6. С учетом установленного выше влияния отработки выемочного столба 52—13 на состояние штрека существует высокая вероятность его ухудшения на участке ПК 354÷ПК 278 после прохода лавы. Поэтому, для минимизации этого влияния следует рассмотреть возможность предварительного усиления крепи боков штрека на этом участке.

Заключение

В целом результаты исследования показали, что для двух штреков, находящихся на одном пласте вдоль одного выемочного столба, зафиксировано разное состояние. Одним из факторов, обуславливающих это является разная ширина целиков, вмещающих штреки. Несмотря на то, что ширина целиков значительная (72 и 96 м), очистные работы оказали влияние на состояние обоих штреков. Другими факторами, вероятно повлиявшими на геомеханическую ситуацию, являются направление выемки, скорость подвигания очистного забоя и наличие в целиках участков, не воспринимающих опорное давление (геологические нарушения и горные выработки). Для установления степени их влияния требуются дальнейшие исследования.

Для проверки представленных выше выводов и предположений и для разработки практических рекомендаций по поддержанию штреков в эксплуатационном состоянии было выполнено моделирование согласно пп. 5 и 6 структуры метода (см. рис. 2). Результаты моделирования будут представлены в дальнейших публикациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Указания* по рациональному расположению, охране и поддержанию выработок на угольных шахтах. — Л.: ВНИМИ, 1986. — 218 с.

2. *Овчаренко Г. В.* Совершенствование технологических схем охраны повторно используемых подготовительных выработок // Записки Горного института. — 2013. — Т. 205. — С. 54—56.

3. *Штумпф Г. Г.*, *Егоров П. В.*, *Петров А. И.*, *Красильников Б. В.* Горное давление в подготовительных выработках угольных шахт. — М: Недра, 1996. — 351 с.

4. *Петухов И. М.*, *Линьков А. М.*, *Сидоров В. С.* и др. Расчетные методы в механике горных ударов и выбросов: Справочное пособие. — М.: Недра, 1992. — 256 с.

5. *Малышев Ю. Н.*, *Тищенко С. М.*, *Лютенко А. Ф.* Динамические проявления горного давления при увеличенных скоростях подвигания очистного забоя // Уголь. — 1985. — № 12. — С. 15—17.

6. *Коршунов Г. И.*, *Казанин О. И.*, *Баранов В. Н.* Оценка влияния скорости подвигания очистного забоя на напряженно-деформированное состояние окружающего массива // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 1999. — № 7. — С. 44—46.

7. *Филимонов К. А.* Исследование влияния скорости подвигания очистного забоя на разрушение кровли // Вестник КузГТУ. — 2003. — № 6. — С. 10—12.

8. *Калинин С. И.*, *Пудов Е. Ю.*, *Кузин Е. Г.* Определения состояния кровли шахтовых выработок методом георадиолокации и ультразвукового каротажа / Перспективы инновационного развития угольных регионов России. Сборник трудов IV Международная научно-практическая конференция. — Прокопьевск, 2014. — С. 213—216.

9. *Кавардаков А. А.*, *Кузин Е. Г.*, *Пудов Е. Ю.* Опыт применения георадиолокации в условиях шахты Котинская для оценки состояния подготовительных горных выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № 12. — С. 166—173.

10. *Цибаев С. С.*, *Ренев А. А.*, *Калинин С. И.*, *Зорков Д. В.*, *Филимонов К. А.* Результаты оценки влияния затопленных горных выработок на устойчивость анкерного крепления и деформации углепородного массива // Вестник КузГТУ. — 2018. — № 1. — С. 37—45. DOI: 10.26730/1999-4125-2018-1-37-45.

11. *Инструкция* по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах. Зарегистрировано в Минюсте России 19.02.2014 г. № 31354.

12. *Tsibaev S. S.*, *Renev A. A.*, *Kalinin S. I.* The evaluation of negative anthropogenic factors subjection on bolts stability and surrounding massif deformations / Proceedings of the 9th China-Russia Symposium «Coal in the 21st Century: Mining, Intelligent Equipment and Environment Protection» (COAL 2018). Advances in Engineering Research vol. 176, pp. 361—366.

13. *Фрянов В. Н.*, *Петрова О. А.*, *Петрова Т. В.* РТО «Комплекс проблемно-ориентированных программ для моделирования формирования и распределения опасных зон в газоносном геомассиве» // Навигатор в мире науки и образования. — 2016. — № 4 (33). — С. 441—445.

14. *Zhu W., Xu J., Xu G.* Mechanism and control of roof fall and support failure incidents occurring near longwall recovery roadways // The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 2017, vol. 117, no. 11, pp. 1063—1072. DOI: 10.17159/2411-9717/2017/v117n11a11.

15. *Karampinos E., Hadjigeorgiou J., Pierce M.* Explicit representation of rock reinforcement in 3D DEM models for foliated ground // The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 2018, vol. 118, no 12, pp. 1243—1250. DOI: 10.17159/2411-9717/2018/v118n12a2.

16. Phanthoudeth P., Sasaoka T., Shimada H., Ulaankhuu B., Oya J., Dwiki S., Karian T. Numerical Study on Roadway Stability under Weak Geological Condition of PT Gerbang Daya Mandiri Underground Coal Mine in Indonesia // GSTF Journal of Geological Sciences (JGS), 2016, Vol. 3, no 1, pp. 15—23. DOI: 10.5176/2335-6774 3.1.26. ГИАБ

REFERENCES

1. Ukazaniya po ratsional'nomu raspolozheniyu, okhrane i podderzhaniyu vyrabotok na ugol'nykh shakhtakh [Guidelines for the rational location, protection and maintenance of workings in coal mines], Leningrad, VNIMI, 1986, 218 p.

2. Ovcharenko G. V. Improvement of technological schemes gowounds reusable development workings, *Zapiski Gornogo instituta*. 2013. Vol. 205, pp. 54—56. [In Russ].

3. Shtumpf G. G., Egorov P. V., Petrov A. I., Krasil'nikov B. V. *Gornoe davlenie v podgotovitel'nykh vyrabotkakh ugol'nykh shakht* [The rock pressure in development workings in coal mines], Moscow, Nedra, 1996, 351 p.

4. Petukhov I. M., Lin'kov A. M., Sidorov V. S. *Raschetnye metody v mekhanike gornykh udarov i vybrosov*: Spravochnoe posobie [Calculation methods in the rock burst and gas emission mechanics. Reference aid], Moscow, Nedra, 1992, 256 p.

5. Malyshev Yu. N., Tishchenko S. M., Lyutenko A. F. Dynamic rock pressure forms at high longwall advancing rates. *Ugol'*. 1985, no 12, pp. 15—17. [In Russ].

6. Korshunov G. I., Kazanin O. I., Baranov V. N. The assessment of longwall advance rate impact on the stress-strain state of the surrounding rock massive. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 1999, no 7, pp. 44—46. [In Russ].

7. Filimonov K. A. The research of longwall advance rate impact on the roof destruction. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2003, no 6, pp. 10—12. [In Russ].

8. Kalinin S. I., Pudov E. Yu., Kuzin E. G. The determination of the mine workings roof state by ground-penetrating radar and ultrasonic methods. *Perspektivy innovatsionnogo razvitiya*

ugol'nykh regionov Rossii. Sbornik trudov IV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Prokopevsk, 2014, pp. 213—216. [In Russ].

9. Kavardakov A.A., Kuzin E.G., Pudov E.Yu. Experience of using GPR in the mine Kotinskaja to assess condition of preparatory mine workings. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2016, no 12, pp. 166—173. [In Russ].

10. Tsibaev S.S., Renev A.A., Kalinin S.I., Zorkov D.V., Filimonov K.A. Evaluation of the effect of flooding the mine workings with water on bolts stability and on deformations coal and rock strata. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2018, no 1, pp. 37—45. DOI: 10.26730/1999-4125-2018-1-37-45. [In Russ].

11. *Instruktsiya po raschetu i primeneniyu ankernoi krepi na ugol'nykh shakhtakh. Zaregistrirovano v Minyuste Rossii 19.02.2014 № 31354* [The instructions for anchoring calculation and application in coal mines]. Registered by Ministry of Justice of Russia 19.02.2014 No. 31354. [In Russ].

12. Tsibaev S.S., Renev A.A., Kalinin S.I. The evaluation of negative anthropogenic factors subjection on bolts stability and surrounding massif deformations. *Proceedings of the 9th China-Russia Symposium «Coal in the 21st Century: Mining, Intelligent Equipment and Environment Protection» (COAL 2018)*. Advances in Engineering Research vol. 176, pp. 361—366.

13. Fryanov V.N., Petrova O.A., Petrova T.V. Ad-technical specification «The problem-oriented programs complex for simulation of formation and distribution of hazardous areas in gas-bearing geomassive». *Navigator v mire nauki i obrazovaniya*. 2016, no 4 (33), pp. 441—445. [In Russ].

14. Zhu W., Xu J., Xu G. Mechanism and control of roof fall and support failure incidents occurring near longwall recovery roadways. *The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 2017, vol. 117, no. 11, pp. 1063—1072. DOI: 10.17159/2411-9717/2017/v117n11a11.

15. Karampinos E., Hadjigeorgiou J., Pierce M. Explicit representation of rock reinforcement in 3D DEM models for foliated ground. *The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 2018, vol. 118, no 12, pp. 1243—1250. DOI: 10.17159/2411-9717/2018/v118n12a2.

16. Phanthoudeth P., Sasaoka T., Shimada H., Ulaankhuu B., Oya J., Dwiki S., Karian T. Numerical Study on Roadway Stability under Weak Geological Condition of PT Gerbang Daya Mandiri Underground Coal Mine in Indonesia. *GSTF Journal of Geological Sciences (JGS)*, 2016, Vol. 3, no 1, pp. 15—23. DOI: 10.5176/2335-6774 3.1.26.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Филимонов К.А.[1] — кандидат технических наук, доцент, e-mail: fka.rmpi@kuzstu.ru,
Ренёв А.А.[1] — доктор технических наук, зав. кафедрой, e-mail: raa@kuzstu.ru,
Кучеренко А.В. — главный технолог, Шахта имени В.Д. Ялевского АО «СУЭК-Кузбасс»,
Гречишкин П.В.[3] — кандидат технических наук, директор, e-mail: kf@vnimi.ru,
Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела — межотраслевой научный центр «ВНИМИ»,
[1] Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,
Для контактов: Филимонов К.А., e-mail: fka.rmpi@kuzstu.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

K.A. Filimonov[1], Candidate of Technical Sciences,
Assistant Professor, e-mail: fka.rmpi@kuzstu.ru,
A.A. Renev[1], Doctor of Technical Sciences, Head of Chair, e-mail: raa.rmpi@kuzstu.ru,
A.V. Kucherenko, Chief Process Engineer, V.D. Yalevskogo Mine,
652207, Kotino, Russia,
P.V. Grechishkin, Candidate of Technical Sciences, Director, e-mail: kf@vnimi.ru,
Research Institute of Mining Geomechanics and Surveying —
Multisectoral Research Center «VNIMI», 650000, Kemerovo, Russia,
[1] T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 650000, Kemerovo, Russia.
Corresponding author: K.A. Filimonov, e-mail: fka.rmpi@kuzstu.ru.